

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-339052

(43)公開日 平成11年(1999)12月10日

(51)Int.Cl.⁸

G 0 6 T 7/60

識別記号

F I

G 0 6 F 15/70

3 5 0 M

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平10-141338

(22)出願日 平成10年(1998) 5月22日

(71)出願人 000137694

株式会社ミットヨ

神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号

(72)発明者 谷口 昌也

神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号

株式会社システムテクノロジーインステ
イチュート内

(72)発明者 門脇 聡一

神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号

株式会社システムテクノロジーインステ
イチュート内

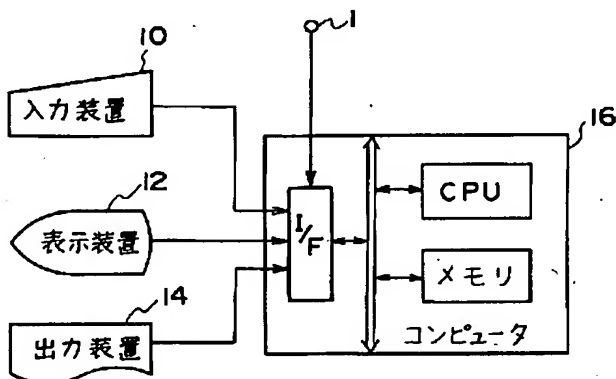
(74)代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54)【発明の名称】 形状解析装置及び方法

(57)【要約】

【課題】 複数種類の幾何要素から構成される図形を確実に解析する。

【解決手段】 入力端子1から図形データをコンピュータ16に入力する。コンピュータ16は、入力データから要素となる複数のデータを取り出し、その曲率半径を算出して基準曲率半径と比較する。基準曲率半径より大きい要素を線要素と判定し、基準曲率半径以下の要素を円要素と判定する。直線要素、円要素それぞれの評価関数を用いて各入力データの判定誤差を算出し、許容誤差以内のものを該要素として確定し、他のデータは別の要素として確定する。円及び直線を用いて解析した結果は表示装置12や出力装置14に出力される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1 種類または複数種類の幾何要素から構成される図形データを解析する形状解析装置であって、入力データを構成する複数のデータから曲率を算出する曲率算出手段と、

得られた前記曲率と基準曲率を比較することで前記複数のデータの種類の数が少なくとも円と直線のいずれの要素であるかを判定する要素種類判定手段と、前記入力データにおける前記要素の範囲を決定する同一要素範囲決定手段と、を有することを特徴とする形状解析装置。

【請求項 2】 前記同一要素範囲決定手段は、前記種類毎の評価関数を用いて前記複数のデータを含む前記入力データ各々の判定誤差を算出する誤差算出手段と、得られた前記判定誤差と許容誤差を比較することで、前記入力データにおける前記要素種類判定手段で判定された要素の範囲を判定する同一要素範囲判定手段と、を有することを特徴とする請求項 1 記載の形状解析装置。

【請求項 3】 前記複数のデータの数は 3 以上であることを特徴とする請求項 1、2 のいずれかに記載の形状解析装置。

【請求項 4】 前記許容誤差を変更する変更手段をさらに有することを特徴とする請求項 1、2、3 のいずれかに記載の形状解析装置。

【請求項 5】 前記入力データを予め平滑化する平滑化手段をさらに有することを特徴とする請求項 1、2、3、4 のいずれかに記載の形状解析装置。

【請求項 6】 1 種類または複数種類の幾何要素から構成される図形データを解析する形状解析方法であって、
(a) 入力データを構成する複数のデータから曲率を算出するステップと、

(b) 得られた前記曲率と基準曲率を比較し、比較結果に基づいて前記複数のデータの種類の数が少なくとも円と直線のいずれかの要素に近似するステップと、

(c) 前記入力データにおける前記要素に近似する範囲を決定するステップと、を有することを特徴とする形状解析方法。

【請求項 7】 前記 (c) のステップは、
(c 1) 前記種類毎の評価関数を用いて前記複数のデータを含む前記入力データ各々の判定誤差を算出するステップと、

(c 2) 得られた前記判定誤差と許容誤差を比較し、比較結果に基づいて前記入力データにおける前記要素への近似の範囲を判定するステップと、

を有することを特徴とする請求項 6 記載の形状解析方法。

【請求項 8】 前記 (a) ~ (c) のステップを繰り返すことにより、前記入力データの全てを円または直線で

近似することを特徴とする請求項 6、7 のいずれかに記載の形状解析方法。

【請求項 9】 前記複数のデータは少なくとも 3 個以上であることを特徴とする請求項 6、7、8 のいずれかに記載の形状解析方法。

【請求項 10】 前記許容誤差を変更するステップをさらに有することを特徴とする請求項 6、7、8、9 のいずれかに記載の形状解析方法。

【請求項 11】 前記 (a) ステップの前に、前記入力データを平滑化するステップをさらに有することを特徴とする請求項 6、7、8、9、10 のいずれかに記載の形状解析方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は形状解析装置及び方法に関し、特に円や直線などの幾何要素が複数種類集まって構成される図形のデータから元の形状を推定する装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、2 次元あるいは 3 次元の形状データを入力して解析し、元の形状を推定する技術が知られており、解析結果を CAD データとしてリバースエンジニアリングに利用するなど幅広い用途が期待されている。

【0003】特開平 6 - 5 0 7 4 9 号公報には、予め直線、円、楕円、球、平面、円筒、円錐などの幾何形状を表す数式を保持し、測定子から得られたデータとこれら幾何形状とを比較して最も誤差の小さい幾何形状を入力データの形状と認識する技術が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術は、基本的に被測定物に測定子を接触させて被測定物の形状を測定するもので、測定子の測定方向に依存して形状が決定されるため、任意の入力データに対応できない問題がある。

【0005】また、直線、円、楕円、球、平面、円筒、円錐などの幾何形状の内、最も誤差の小さい形状を入力データの形状であると認識しているので、仮に被測定物が円や直線などの幾何要素が複数種類集まって構成されている場合でも、円あるいは直線のいずれの方が誤差が小さいかを判定して認識してしまうので、結果として被測定物の形状を誤認識してしまうおそれがある（本来は直線と円を組み合わせた形状であっても、単一の楕円あるいは単一の円と認識してしまう）。

【0006】本発明は、上記従来技術の有する課題に鑑みなされたものであり、その目的は、円と直線の組み合わせなど、複数種類の幾何要素から構成される図形データを入力し、元の図形を高精度に推定できる形状解析装置及び方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第1の発明は、1種類または複数種類の幾何要素から構成される図形データを解析する形状解析装置であって、入力データを構成する複数のデータから曲率を算出する曲率算出手段と、得られた前記曲率と基準曲率を比較することで前記複数のデータの種類の少なくとも円と直線のいずれの要素であるかを判定する要素種類判定手段と、前記入力データにおける前記要素の範囲を決定する同一要素範囲決定手段とを有することを特徴とする。

【0008】また、第2の発明は、第1の発明において、前記同一要素範囲決定手段は、前記種類毎の評価関数を用いて前記複数のデータを含む前記入力データ各々の判定誤差を算出する誤差算出手段と、得られた前記判定誤差と許容誤差を比較することで、前記入力データにおける前記要素種類判定手段で判定された要素の範囲を判定する同一要素範囲判定手段とを有することを特徴とする。

【0009】また、第3の発明は、第1、第2の発明において、前記複数のデータの数は3以上であることを特徴とする。

【0010】また、第4の発明は、第1～第3の発明において、前記許容誤差を変更する変更手段をさらに有することを特徴とする。

【0011】また、第5の発明は、第1～第4の発明において、前記入力データを予め平滑化する平滑化手段をさらに有することを特徴とする。

【0012】また、第6の発明は、1種類または複数種類の幾何要素から構成される図形データを解析する形状解析方法であって、(a)入力データを構成する複数のデータから曲率を算出するステップと、(b)得られた前記曲率と基準曲率を比較し、比較結果に基づいて前記複数のデータの種類の少なくとも円と直線のいずれかの要素に近似するステップと、(c)前記入力データにおける前記要素に近似する範囲を決定するステップとを有することを特徴とする。

【0013】また、第7の発明は、第6の発明において、前記(c)のステップは、(c1)前記種類毎の評価関数を用いて前記複数のデータを含む前記入力データ各々の判定誤差を算出するステップと、(c2)得られた前記判定誤差と許容誤差を比較し、比較結果に基づいて前記入力データにおける前記要素への近似の範囲を判定するステップとを有することを特徴とする。

【0014】また、第8の発明は、第6、第7の発明において、前記(a)～(c)のステップを繰り返すことにより、前記入力データの全てを円または直線で近似することを特徴とする。

【0015】また、第9の発明は、第6～第8の発明において、前記複数のデータは少なくとも3個以上であることを特徴とする。

【0016】また、第10の発明は、第6～第9の発明

において、前記許容誤差を変更するステップをさらに有することを特徴とする。

【0017】また、第11の発明は、第6～第10の発明において、前記(a)ステップの前に、前記入力データを平滑化するステップをさらに有することを特徴とする。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づき本発明の実施形態について説明する。

【0019】図1には、本実施形態の構成ブロック図が示されている。本実施形態の形状解析装置は、通常のコンピュータシステムを用いて構成することができる。

【0020】データ入力端子1は、三次元測定機や非接触の画像測定機で得られたサンプルの測定データを入力する端子であり、測定データは例えば2次元データ群 (x_i, y_i) ($i=1, 2, 3, \dots$ であり、サンプルの幾何形状が2次元の場合である)としてコンピュータ16に供給される。なお、本実施形態で解析すべきサンプルは、長方形のみや円のみ、あるいは楕円のような単一の図形要素ではなく、複数の図形要素(直線と円、曲率半径の異なる複数の円、直線と複数の円など)が連続した複雑な幾何図形であり、データ群 (x_i, y_i) には複数の図形要素が含まれているとする。また、データを得るための測定機は上記の他に任意の機器を用いることができる。

【0021】入力装置10は、キーボードやマウスなどで構成され、ユーザは入力データ群を直線と円で近似するために必要なパラメータを設定することができる。パラメータとしては、処理対象のデータ群が直線で近似できるか、あるいは、円で近似できるかを判別するための基準曲率半径Rや、近似の誤差を評価するための許容誤差 δ その他がある。

【0022】表示装置12は、CRTや液晶で構成され、入力データ群を円及び直線で近似することで解析した結果を表示する。

【0023】出力装置14は、プリンタやプロッタで構成され、表示装置12に表示された解析結果を出力する。

【0024】コンピュータ16は、入力端子1からのデータ群を入力するとともに表示装置12や出力装置14に解析データを出力するI/F、CPU、解析結果や解析プログラムを記憶するメモリで構成される。CPUは、メモリに記憶された解析プログラムを読み込んで順次実行することにより、入力データ群を円と直線で近似し、得られた結果をI/Fを介して出力する。

【0025】以下、CPUで実行される入力データの解析処理について詳細に説明する。

【0026】図2には、CPUの全体処理フローチャートが示されている。まず、測定データを入力する(S101)。次に、ユーザが入力装置10からパラメータを

入力する（S102）。パラメータには、入力データに応じて常に変更する必要がある主パラメータと、通常はデフォルト値でよいがより詳細な解析を行いたい場合に変更する副パラメータがある。主パラメータは、上述した許容誤差値 δ と曲率半径値Rであり、副パラメータは初期あてはめ点数や探索回数、交点処理の有無、最大離れ距離である。初期あてはめ点数とは、入力データ群から最初に抽出して処理対象とするデータ数であり、装置側で自動的に設定する他、ユーザが手動で設定（例えば5個）することができる。探索回数とは、要素の範囲を順次拡大して同一要素であるか否かの計算を行う回数の上限値であり、交点処理とは、全要素の計算終了後に各要素の交点計算を行って要素同士を接続する処理を行い、最大離れ距離とは、交点処理時に交点の有無を確認する最大距離をいう。

【0027】パラメータを入力した後、これらのパラメータを用いて入力データ群を円及び直線で近似する自動近似を実行し（S103）、得られた結果要素を表示装置12や出力装置14に出力する（S104）。なお、結果要素とは、具体的には得られた要素情報（円か直線か）及びその要素数である。

【0028】図3には、図2における円・直線の自動近似実行処理（S103）の詳細フローチャートが示されている。まず、CPUは入力されたパラメータ（主パラメータ）のチェックを行う（S201）。例えば、曲率半径値Rが正であるか否かを判定する、許容誤差値 δ が正であるか否かを判定するなどである。入力パラメータに異常がないと判定された場合には、次に入力データ群の全要素の計算を実行する（S202）。そして、全要素について円または直線で近似した後、交点処理を実行するか否かを判定する（S203）。ユーザが交点処理の実行を希望する場合には、所定の交点処理を行う（S204）。交点処理とは、異なる幾何要素（円要素と直線要素、あるいは曲率の異なる円要素同士）が隣接する場合に各幾何要素の端点同士を接続するための処理である。例えば要素1、2が隣接して存在する場合、要素1を延長した線と要素2を延長した線の交点を求め、要素1、2の端点をこの交点で置き換える、あるいは交点までの距離が所定値以上大きい場合には要素の端点同士を接続線で接続する。交点処理により要素の端点同士を接続することで、サンプルのより望ましい解析結果を得ることができる。

【0029】図4には、図3における全要素の計算実行処理（S202）の詳細フローチャートが示されている。まず、CPUはあてはめ点数が自動に設定されているか、あるいは手動に設定されているかを判定する（S301）。あてはめ点数が自動に設定されている場合には、初期あてはめ点数を1だけインクリメントして（S302）、要素の計算を行う（S303）。なお、初期あてはめ値のデフォルト値は、例えば2とすることがで

き、この場合第1回目は初期あてはめ数を3として計算を行うことになる。また、要素の計算処理では、入力データ群から初期あてはめ数に相当するデータを抽出し、抽出データに対して円で近似するか直線で近似するかを判定する。

【0030】要素の計算処理を実行した後、NG要素が最小の計算結果をメモリに保持する（S304）。ここで、NG要素とは、円で直線でも近似できない要素をいう。直線を決定する場合には最低2点、円を決定する場合には最低3点のデータが必要であることから、直線か円かを判別するためには最低3点のデータが必要となる。このため、1要素中のデータに許容誤差を超えてしまうデータが存在し、結果として1要素中の許容誤差以内のデータ数が3点に満たないもの（例えば、初期あてはめ点数のデータの先頭から順次、許容誤差内か否かのチェックを行い、最初の3点以前で許容誤差を超えた場合など）はNG要素に判別される。なお、最小の計算結果を保持するとは、具体的にはまず第1回目の計算を行ってそのNG要素及び結果要素をメモリに保持し、第2回目の計算を行ってそのNG要素の数をメモリに保持されたNG要素の数と比較し、第2回目のNG要素の数の方が小さい場合にはメモリの保持内容を入れ替え、以下同様の入れ替えを行うことを意味する。

【0031】NG要素が最小の計算結果をメモリに保持した後、あてはめ点数が所定の制限値に達したか否かを判定し（S305）、制限値に達していない場合にはS302以降の処理を繰り返す。これにより、例えばあてはめ点数が3から所定の制限値（例えば10）に至るなかで、NG要素の数が最小となるあてはめ点数及びそのときの結果要素が得られることになる。

【0032】一方、あてはめ点数が手動でユーザが設定する場合には、あてはめ点数を設定された個数に固定し（例えば、5個）、S303と同様の要素計算を行う（S306）。得られたNG要素や結果要素はメモリに保持する。

【0033】図5には、図4における要素計算処理（S303、S306）の詳細フローチャートが示されている。まず、CPUは1要素分、つまりあてはめ点数分のデータを円あるいは直線で近似する（S401）。具体的には、円で近似できる場合には中心座標と半径のパラメータ、直線で近似できる場合には法線ベクトルと原点までの距離のパラメータを算出する。

【0034】近似パラメータ（以下では、適宜「あてはめパラメータ」と称する）が算出された後、このパラメータを結果要素のパラメータに変換する（S402）。結果要素のパラメータとは、具体的には要素の種類を表すパラメータと要素の始点、終点を表すパラメータである。変換して得られたパラメータはメモリに格納する（S403）。以上の処理を、残りの入力データに対して順次行い、入力データに関する全要素を計算する（S

404)。

【0035】図6には、図5における1要素分の計算処理(S401)の詳細フローチャートが示されている。CPUは、まず初期データ範囲を計算する(S501)。これは、上述したように要素が円であるか直線であるかを判別するためには3点以上が必要であるため、入力データ数(x_i, y_i)が3以上あるか否かを確認するためにカウントする処理である。そして、入力データ数が3以上であることを確認すると(S502)、1要素分の計算に用いるデータを確保する(S503)。入力データ群が閉輪郭(閉曲線)である場合には、入力

$$a_0(x^2+y^2) - 2a_1x - 2a_2y + a_3 = 0 \quad \dots (1)$$

を評価関数とするあてはめを実行する。そして、得られたパラメータ a_0, a_1, a_2, a_3 から曲率半径 r を算出し、この曲率半径 r と設定された曲率半径 R の大小比較を行って円要素であるか直線要素であるかを判定する。すなわち、

$$【数2】 r > R \quad \dots (2)$$

であればその要素は線要素と判定され、

$$【数3】 r \leq R \quad \dots (3)$$

$$\{(x-a)^2 + (y-b)^2\}^{0.5} - r = 0 \quad \dots (5)$$

における中心(a, b)と半径 r である。

【0038】あてはめパラメータを計算した後、このパラメータを用いて誤差チェック(判定誤差あるいは近似誤差のチェック)を行う(S506)。具体的には、1要素分の始点から順次誤差 δ を超えるまで順次判定していく。誤差は、(4)式及び(5)式の左辺、すなわちあてはめ関数を $f(x, y)$ とした場合

$$【数6】 \varepsilon_i = f(x_i, y_i) \quad \dots (6)$$

であり、誤差チェックは

$$【数7】 \varepsilon_i < \delta \quad \dots (7)$$

を満たすか否かを1要素分の全てのデータについて順次行う。そして、許容誤差範囲内のデータについてはOKと判定され、許容誤差を超えるデータについてはNGと判定される。1要素分の全てのデータについてOKと判定された場合には、さらに隣接する次のデータについても同様の誤差チェックを実行し(後述するS507のパラメータチェックは実質的に行われず、S508でNOと判定されて再びS503に移行し、このS503で1要素分のデータに隣接する次のデータまで確保する)、NGと判定されるまで入力データについて誤差チェックを繰り返す。なお、この誤差チェックは、線要素あるいは円要素と判定した際の判定誤差を評価するとともに、線要素あるいは円要素で入力データを近似する際の近似誤差を評価するという意義がある。

【0039】図7には、このような誤差チェックの結果として現れる2つのパターンが模式的に示されている。

(A)は1要素分の全てのデータについてOKと判定されたため、さらに隣接するデータについて誤差チェックを続行し、あるデータPで誤差チェックの結果NGと判

データの終点を含むデータの確保時には始点のデータも含めて1要素分のデータとする。入力データ群が開輪郭(開曲線)である場合には、始点から初めて終点で終わるようにデータを確保する。確保するデータ数は、要素計算の1回目は初期あてはめ点数と同一であるが、2回目以降は誤差チェック結果によって有効と判定された範囲のデータ数となる。

【0036】1要素分のデータを確保した後、その要素が円であるか直線であるかを判定する(S504)。具体的には、確保した入力データに対し、

【数1】

であればその要素は円要素と判定される。

【0037】要素種類を判定した後、上述したあてはめパラメータを計算する(S505)。あてはめパラメータは、線要素の場合には

$$【数4】 n_x x + n_y y + c = 0 \quad \dots (4)$$

における法線ベクトル(n_x, n_y)と原点までの距離 c であり、円要素の場合には

【数5】

定されたケースである。図において、Sは1要素の開始データ、Eは1要素の終了データ、実線及びその延長である破線はあてはめパラメータで示される近似曲線(図では便宜上直線としている)である。この場合、誤差チェックのOKのデータ数が1要素分のデータ数を超えているため、上述したようにデータSからデータPまでの範囲を新たな要素のデータとして確保し、再びパラメータ計算を実行する(S503~S505の繰り返し)。

(B)は、1要素分のデータの全てがOKではなく、NGが存在するケースである。図において、開始データSから終了データEに至るまでにデータPでNGと判定されたことを示している。この場合、データ数が減少することになるので、何らかの処理が必要となる。この処理を行うのがあてはめパラメータチェック処理(S507)である。なお、S502でデータ数が2以下である場合にも、NGと判定された後(S510)、このパラメータチェック処理が実行される。

【0040】以上の処理を1要素分のデータを含む入力データについて繰り返し実行し(S508)、得られた要素情報、すなわち要素のあてはめパラメータをメモリに保持する(S509)。

【0041】図8には、図6におけるあてはめパラメータチェック処理(S507)の詳細フローチャートが示されている。まず、CPUはデータ数が減少したか否かを判定する(S601)。1要素分のデータでNGが生じるとデータ数が減少することになるからYESと判定され、次に第1回目の計算であるかを判定する(S602)。第1回目の計算である場合には、前回の結果がまだメモリに保持されておらず、この結果を利用すること

ができないので、新たなデータを確保し（S 6 0 3）、確保したデータ数が3より小さいか否かを確認する（S 6 0 4）。データ数が3以上存在する場合にはS 5 0 4、S 5 0 5と同様の要素種類の判定処理（S 6 0 6）及びパラメータ計算処理（S 6 0 7）を繰り返してあてはめパラメータを得る。得られたあてはめパラメータをメモリに保持し（S 6 0 8）、終了フラグをセットする（S 6 0 9）。

【0 0 4 2】一方、確保したデータ数が3に満たない場合には、その要素をNGと判定し（S 6 0 5）、メモリに保持する（S 6 0 8）。

【0 0 4 3】また、S 6 0 2にてNO、すなわちデータ数が減少したのが2回目以降の計算であった場合には、終了フラグをセットして（S 6 0 9）、メモリに保持されている前回の結果、すなわち許容誤差範囲内にあるデータ群のあてはめパラメータを取り出して1要素として確定する。そして、その要素の終点の次のデータ（許容範囲外と判定されたデータのこと）から新たな要素分のデータを新規に確保し、S 5 0 3～S 5 0 6の処理を繰り返す。なお、データ数が減少しなかった場合には、その結果を保持しておき（S 6 1 0）、図7（A）の説明で述べたように次の計算に移行する。

【0 0 4 4】このように、本実施形態では、1要素分のデータを確保してその要素が直線か円かを曲率半径に基づき判定し、許容誤差範囲内に収まる全てのデータを近似した直線または円の一部とみなし、許容誤差範囲外のデータは他の要素であると判定して全ての入力データを直線または円で近似していく。従って、異なる要素が連続して存在する幾何図形でも、迅速かつ確実に直線または円で近似、すなわち解析することができる。

【0 0 4 5】図9～図11には、本実施形態の方法で解析した結果が示されている。

【0 0 4 6】図9は、ある閉曲線サンプルの解析結果である。初期あてはめ点数 m_0 を5個、基準曲率半径 R を130、許容誤差 δ を0.01とした場合である。図において、黒丸は入力データを表し、*は要素の接続点を表している。線要素（直線要素）が1個、円要素が6個、NG要素が1個に解析されている。

【0 0 4 7】図10は、別の閉曲線サンプルの解析結果である。初期あてはめ点数 m_0 を5個、基準曲率半径 R を6、許容誤差 δ を0.01とした場合である。線要素が7個、円要素が11個、NG要素が12個と解析されている。

【0 0 4 8】図11は、さらに別の開曲線サンプルの解析結果である。初期あてはめ点数 m_0 を5個、基準曲率半径を2、許容誤差 δ を0.01とした場合である。線要素が9個、円要素が2個、NG要素が2個と解析されている。

【0 0 4 9】なお、図9～図11では、いずれもNGと判定される要素が存在するが、これは許容誤差 δ が厳し

すぎるためとも考えられる。したがって、NG要素を一層減少させる、あるいはNG要素を無くしたいと欲する場合には、許容誤差 δ を増大させることも可能である。

許容誤差 δ は近似の精度であり、サンプルの性質や解析結果の利用方法に応じて適宜選択する必要がある。

【0 0 5 0】図12には、図9と同一のサンプルに対して許容誤差 δ を0.01から0.1に増大させた場合の解析結果が示されている。線要素が1個、円要素が3個、NG要素が0個と解析されている。許容誤差が増大したため、円要素と判定された要素数が6個から3個に減少し、NG要素も1個から0個に減少している。これは、もちろん、許容誤差が増大したため、図9では許容誤差を超えたため要素の接続点と判定されたデータのいくつかは図12では許容範囲内と判定され、その要素に含まれると判定されるからである。

【0 0 5 1】図13には、図10と同一のサンプルに対して許容誤差 δ を0.01から0.1に増大させた場合の解析結果が示されている。線要素が3個、円要素が6個、NG要素が0と解析されている。許容誤差が増大したため誤差チェック処理において該当要素内のデータと判定され易くなり、線要素、円要素、NG要素ともその数が減少している。

【0 0 5 2】図14には、図11と同一のサンプルに対して許容誤差 δ を0.01から0.1に増大させた場合の解析結果が示されている。線要素が5個、円要素及びNG要素がともに0個と解析されている。この例でも、許容誤差の増大によりNG要素を0個とすることができ

【0 0 5 3】一方、このようにユーザが許容誤差を増大させるのではなく、CPUが当初に設定された許容誤差が適当ではないと判定して自動的に許容誤差を適当な値まで増大させるシステムとすることも可能である。

【0 0 5 4】具体的には、CPUはある要素がNGと判定された時点で設定されている許容誤差を所定量（例えば10%）だけ増大させる、線要素あるいは円要素が所定数以上となった時点で設定されている許容誤差を所定量だけ増大させるなどが考えられる。

【0 0 5 5】また、本実施形態では、1要素内のデータ数が3個に満たない場合にはNGと判定しているが、このような判定を無くすことも可能である。この場合、2点のデータは全て直線で近似されることになるため、解析結果は滑らかなものではなくなる可能性がある。しかしながら、CPUが線要素の数を順次カウントし、所定数以上となった場合には解析の途中であっても設定されている許容誤差が適当ではないとして許容誤差を増大させて再度解析し直すことで、所望の、つまり滑らかな解析結果を得ることができる。

【0 0 5 6】さらに、本実施形態では、入力データをそのまま解析しているが、入力データに対して前処理を施してある程度平滑化し、平滑化されたデータを解析の対

象とすることも好適である。

【0057】このような前処理としては、入力データを所定の次数（例えば1次の項まで）の自由曲線で近似する処理を用いることができる。入力データを自由曲線で近似し、得られた自由曲線をさらに点列に分離し、分離した各点を新たな入力データとみなして上述したS101～S104の処理を実行すればよい。

【0058】以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、その技術思想の範囲内で種々の変形使用が可能である。

【0059】例えば、本実施形態では1要素分のデータから曲率半径を算出し、基準曲率半径Rと比較しているが、1要素分のデータから曲率 ρ （ $=1/\text{曲率半径}$ ）を算出し、これを基準の曲率と比較しても等価である。

【0060】また、本実施形態では、円と直線で元の形状を解析したが、必要に応じて円と直線以外の幾何要素、例えば楕円などを追加して解析することも可能である。

【0061】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の形状解析装置及び方法によれば、円と直線の組み合わせなど、複数種類の幾何要素から構成される図形データを入力して元の図形を高精度に推定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態の構成ブロック図である。

【図2】 本発明の実施形態の全体処理フローチャートである。

【図3】 図2における自動近似処理の詳細フローチャートである。

【図4】 図3における全要素の計算実行処理の詳細フローチャートである。

【図5】 図4における要素の計算処理の詳細フローチャートである。

【図6】 図5における1要素分の計算処理の詳細フローチャートである。

【図7】 誤差チェック処理の説明図である。

【図8】 図6におけるパラメータチェック処理の詳細フローチャートである。

【図9】 本発明の実施形態の解析結果説明図（その1）である。

【図10】 本発明の実施形態の解析結果説明図（その2）である。

【図11】 本発明の実施形態の解析結果説明図（その3）である。

【図12】 本発明の実施形態の解析結果説明図（その4）である。

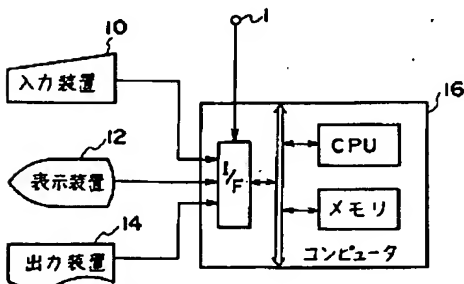
【図13】 本発明の実施形態の解析結果説明図（その5）である。

【図14】 本発明の実施形態の解析結果説明図（その6）である。

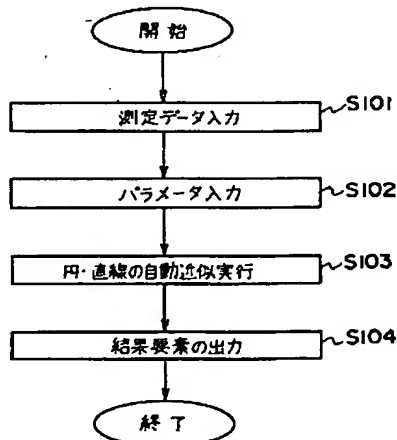
【符号の説明】

1 入力端子、10 入力装置、12 表示装置、14 出力装置、16 コンピュータ。

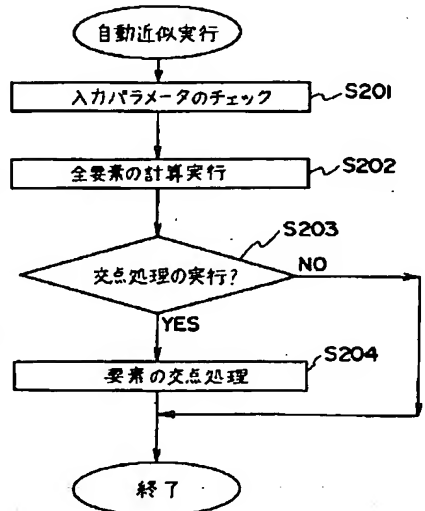
【図1】



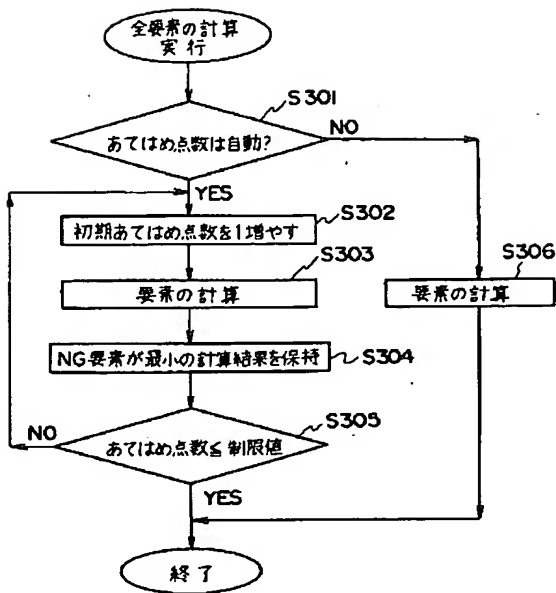
【図2】



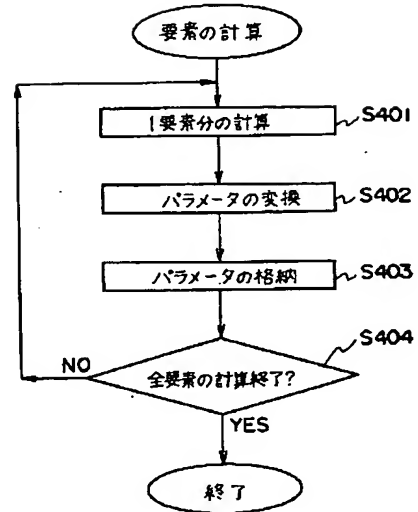
【図3】



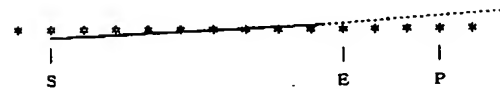
【図 4】



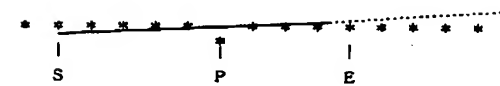
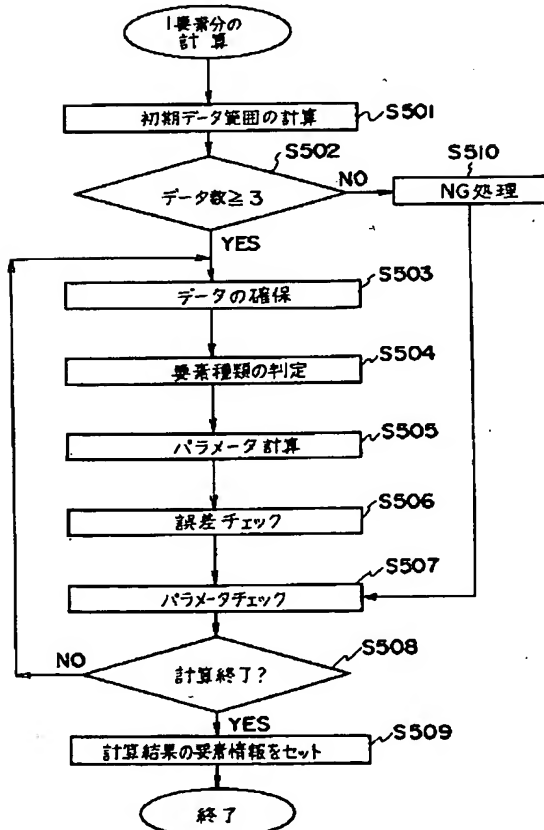
【図 5】



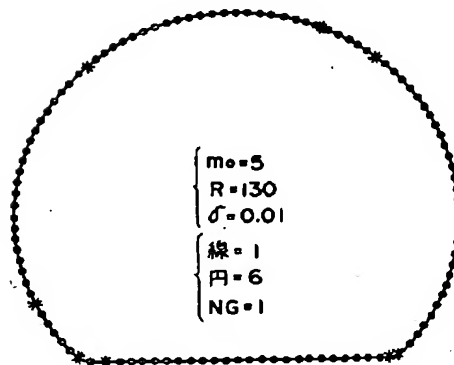
【図 7】



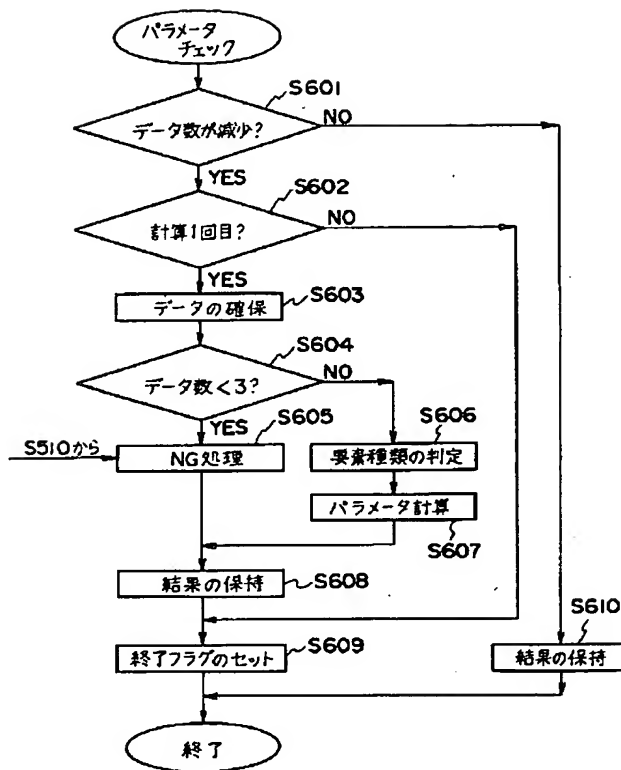
【図 6】



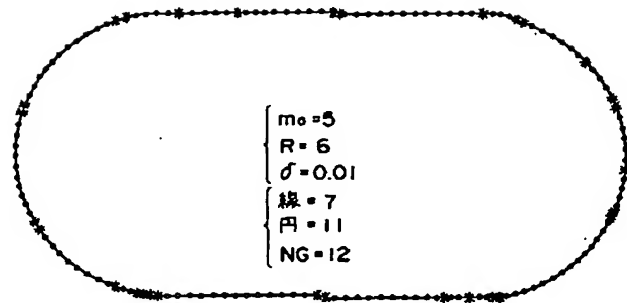
【図 9】



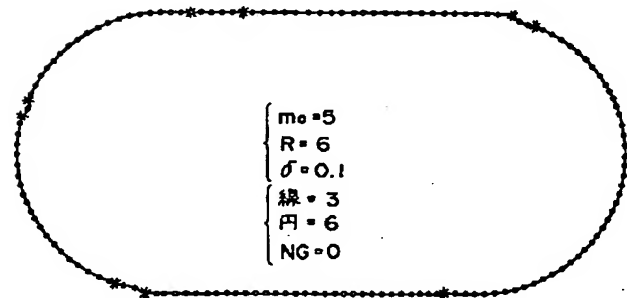
【図 8】



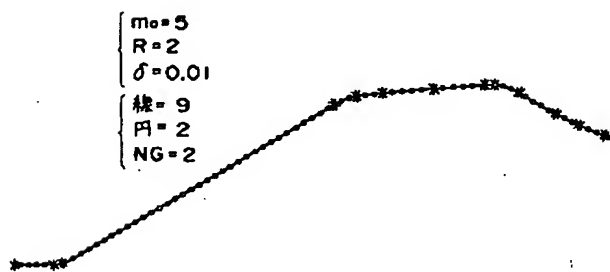
【図 10】



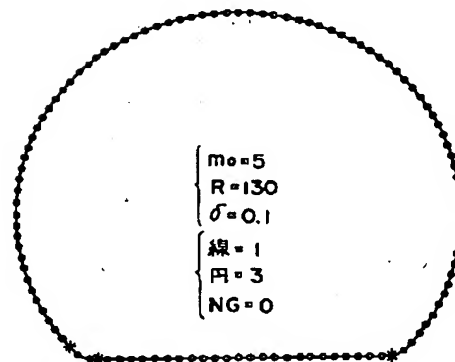
【図 13】



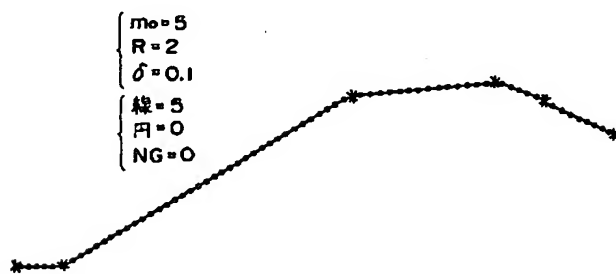
【図 11】



【図 12】



【図 14】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-339052

(43)Date of publication of application : 10.12.1999

(51)Int.Cl.

G06T 7/60

(21)Application number : 10-141338

(71)Applicant : MITSUTOYO CORP

(22)Date of filing : 22.05.1998

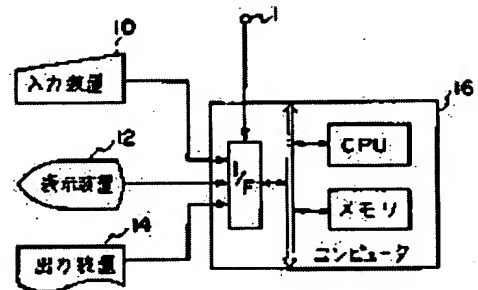
(72)Inventor : TANIGUCHI MASAYA
KADOWAKI SOICHI

(54) DEVICE AND METHOD FOR ANALYZING SHAPE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately analyze a graphic constituted of plural kinds of geometrical elements.

SOLUTION: Graphic data are inputted from an input terminal 1 to a computer 16. The computer 16 extracts plural data elements from the input data, and calculates the radius of curvature, and compares it with a reference radius of curvature. The element whose radius of curvature is larger than the reference radius of curvature is judged as a linear element, and the element whose radius of curvature is smaller than the reference radius of curvature is judged as a circular element. The judgment error of each input data is calculated by using the evaluation function of each linear element and circular element, and the data whose judgment error is within an allowable error is certified as the pertinent element, and the other data are certified as the other elements. The analyzed result obtained by using a circle and a straight line is outputted to a display device 12 or an output device 14.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.02.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Shape analysis equipment which analyzes the graphic data which consist of one kind or two or more kinds of geometric elements characterized by providing the following A curvature calculation means to compute curvature from two or more data which constitute input data An element kind judging means to judge whether the kind of data of the aforementioned plurality in comparing the obtained aforementioned curvature with criteria curvature is which element of a circle and a straight line at least, and same element range determination means to determine the range of the aforementioned element in the aforementioned input data

[Claim 2] Shape analysis equipment according to claim 1 characterized by providing the following an error calculation means to compute the judgment error of each aforementioned input data in which the same aforementioned element range determination means contains two or more aforementioned data using the performance index for every aforementioned kind Same element range judging means to judge the range of the element judged with the aforementioned element kind judging means in the aforementioned input data by comparing the acquired aforementioned judgment error with an allowable error

[Claim 3] The number of two or more aforementioned data is shape analysis equipment given in either of the claims 1 and 2 characterized by being three or more.

[Claim 4] Shape analysis equipment given in either of the claims 1, 2, and 3 characterized by having further a change means to change the aforementioned allowable error.

[Claim 5] Shape analysis equipment given in either of the claims 1, 2, 3, and 4 characterized by having further a smoothing means to smooth the aforementioned input data beforehand.

[Claim 6] The shape analysis method of analyzing the graphic data which consist of one kind or two or more kinds of geometric elements characterized by providing the following (a) The step which computes curvature from two or more data which constitute input data (b) The step which determines the range which compares the aforementioned curvature and criteria curvature which were obtained and approximates the kind of two or more aforementioned data to a circle, the step approximated to one element of linear, and the aforementioned element in the (c) aforementioned input data at least based on a comparison result

[Claim 7] the shape-analysis method according to claim 6 characterized by to have the step which the step of the above (c) compares the aforementioned judgment error and the allowable error which were acquired (c2) with the step which computes the judgment error of each aforementioned input data which contains two or more aforementioned data using the performance index for every aforementioned (c1) kind, and judges the range of the approximation to the aforementioned element in the aforementioned input data based on a comparison result

[Claim 8] The above (a) The shape analysis method given in either of the claims 6 and 7 characterized by approximating all the aforementioned input data in a circle or a straight line by repeating the step of - (c).

[Claim 9] Two or more aforementioned data are the shape analysis methods given in either of the claims

6, 7, and 8 characterized by being at least three or more pieces.

[Claim 10] The shape analysis method given in either of the claims 6, 7, 8, and 9 characterized by having further the step which changes the aforementioned allowable error.

[Claim 11] The shape analysis method given in either of the claims 6, 7, 8, 9, and 10 characterized by having further the step which smooths the aforementioned input data before the aforementioned (a) step.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Especially this invention relates to the equipment and the method of presuming the original configuration from the data of the figure constituted by two or more kinds of geometric elements, such as a circle and a straight line, gathering about shape analysis equipment and a method.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, two-dimensional or 3-dimensional configuration data are inputted and analyzed, the technology of presuming the original configuration is known and a broad use, such as using for reverse engineering, is expected by using an analysis result as CAD data.

[0003] The technology of holding the formula which expresses geometric configurations, such as a straight line, a circle, an ellipse, a sphere, a flat surface, a cylinder, and a cone; beforehand in JP, 6-50749, A, comparing with it the data obtained from the gauge head and these geometry configuration, and recognizing the geometric configuration where an error is the smallest to be the configuration of input data is indicated.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since a gauge head is fundamentally contacted to a device under test, the configuration of a device under test is measured and a configuration is determined depending on the measurement direction of a gauge head, the above-mentioned conventional technology has the problem which cannot respond to arbitrary input data.

[0005] Moreover, since the configuration where an error is the smallest is recognized to be the configuration of input data among geometric configurations, such as a straight line, a circle, an ellipse, a sphere, a flat surface, a cylinder, and a cone. Even when two or more kinds of geometric elements, such as a circle and a straight line, gather and the device under test is constituted temporarily, since it judges and recognizes whether which [of a circle or a straight line] one of an error is small. There is a possibility of incorrect-recognizing the configuration of a device under test as a result (even if it is originally the configuration which combined the straight line and the circle, it will be recognized as a single ellipse or a single circle).

[0006] this invention is made in view of the technical problem which the above-mentioned conventional technology has, the purpose inputs the graphic data which consist of two or more kinds of geometric elements, such as combination of a circle and a straight line, and the shape analysis equipment and the method of presuming the original figure with high precision are offered -- it is in things

[0007]

[Means for Solving the Problem] A curvature calculation means to compute curvature from two or more data which the 1st invention is shape analysis equipment which analyzes the graphic data which consist of one kind or two or more kinds of geometric elements, and constitute input data in order to attain the above-mentioned purpose. It is characterized by having an element kind judging means to judge whether the kind of data of the aforementioned plurality in comparing the obtained aforementioned curvature

with criteria curvature is which element of a circle and a straight line at least, and same element range determination means to determine the range of the aforementioned element in the aforementioned input data.

[0008] The 2nd invention is set to the 1st invention. moreover, the same aforementioned element range determination means by comparing the acquired aforementioned judgment error and an allowable error with an error calculation means to compute the judgment error of each aforementioned input data which contains two or more aforementioned data using the performance index for every aforementioned kind It is characterized by having same element range judging means to judge the range of the element judged with the aforementioned element kind judging means in the aforementioned input data.

[0009] Moreover, 3rd invention is characterized by the number of two or more aforementioned data being three or more in the 1st and the 2nd invention.

[0010] Moreover, 4th invention is characterized by having further a change means to change the aforementioned allowable error in the 1st - the 3rd invention.

[0011] Moreover, 5th invention is characterized by having further a smoothing means to smooth the aforementioned input data beforehand in the 1st - the 4th invention.

[0012] Moreover, the step which computes curvature from two or more data which the 6th invention is the shape analysis method of analyzing the graphic data which consist of one kind or two or more kinds of geometric elements, and constitute the (a) input data, (b) The aforementioned curvature and criteria curvature which were obtained are compared and it is characterized by having the step which determines the range which approximates the kind of two or more aforementioned data to a circle, the step approximated to one element of linear, and the aforementioned element in the (c) aforementioned input data at least based on a comparison result.

[0013] The 7th invention is set to the 6th invention. moreover, the step of the above (c) (c1) with the step which computes the judgment error of each aforementioned input data which contains two or more aforementioned data using the performance index for every aforementioned kind (c2) The aforementioned judgment error and allowable error which were acquired are compared, and it is characterized by having the step which judges the range of the approximation to the aforementioned element in the aforementioned input data based on a comparison result.

[0014] Moreover, invention of the octavus is characterized by approximating all the aforementioned input data in a circle or a straight line by repeating the step of aforementioned (a) - (c) in the 6th and the 7th invention.

[0015] Moreover, 9th invention is characterized by two or more aforementioned data being at least three or more pieces in invention of the 6th - the octavus.

[0016] Moreover, 10th invention is characterized by having further the step which changes the aforementioned allowable error in the 6th - the 9th invention.

[0017] Moreover, 11th invention is characterized by having further the step which smooths the aforementioned input data before the aforementioned (a) step in the 6th - the 10th invention.

[0018]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained based on a drawing.

[0019] The configuration block view of this operation gestalt is shown in drawing 1 . The shape analysis equipment of this operation gestalt can be constituted using the usual computer system.

[0020] The data input terminal 1 is a terminal which inputs the measurement data of the sample obtained with the three dimensional measurer or the non-contact picture measurement machine, and measurement data is supplied to a computer 16 as for example, a two-dimensional data constellation (xi, yi) (it is i= 1, 2 and 3, and ..., and is the case where the geometric configuration of a sample is two-dimensional). In addition, the sample which should be analyzed with this operation gestalt is the complicated geometric figure which not a single graphic element only like a rectangle, and a circle or an ellipse but two or more graphic elements (a straight line, a circle, two or more circles from which radius of curvature differs, a straight line, two or more circles, etc.) followed, and presupposes that two or more graphic elements are contained in a data constellation (xi, yi). Moreover, the measurement machine for obtaining data can use

arbitrary devices besides the above.

[0021] An input unit 10 consists of a keyboard, a mouse, etc., and a user can set up a parameter required since an input data group is approximated with a straight line and a circle. There are allowable-error delta and others for evaluating the criteria radius of curvature R for distinguishing as a parameter whether the data constellation of a processing object can approximate in a straight line or it can approximate with a circle and an approximate error.

[0022] Display 12 consists of CRT and liquid crystal, and displays the result analyzed by approximating an input data group in a circle and a straight line.

[0023] An output unit 14 consists of a printer and a plotter, and outputs the analysis result displayed on display 12.

[0024] A computer 16 consists of I/F and CPU which output analysis data to display 12 or an output unit 14, and memory which memorizes an analysis result and an analyzer while inputting the data constellation from an input terminal 1. By reading the analyzer memorized by memory and performing one by one, CPU approximates an input data group in a circle and a straight line, and outputs the obtained result through I/F.

[0025] Hereafter, analysis processing of the input data performed by CPU is explained in detail.

[0026] The whole CPU processing flow chart is shown in drawing 2. First, measurement data is inputted (S101). Next, a user inputs a parameter from an input unit 10 (S102). There are a primary parameter which always needs to be changed according to input data, and a subparameter changed to perform more detailed analysis although a default is usually sufficient as parameter. A primary parameter is the allowable-error value delta and the radius-of-curvature value R which were mentioned above, and a subparameter is applied the first stage and are mark, the number of times of search, the existence of intersection processing, and the maximum detached building distance. It applies the first stage and mark are the number of data which extracts from an input data group to the beginning, and is made into a processing object, it sets up automatically by the equipment side, and also a user can set up manually (for example, five pieces). The number of times of search is the upper limit of the number of times which calculates whether it is the same element by expanding the range of an element one by one, the processing which intersection processing performs intersection calculation of each element after the calculation end of all elements, and connects elements is said, and the maximum detached building distance means the maximum distance which checks the existence of an intersection at the time of intersection processing.

[0027] After inputting a parameter, automatic approximation which approximates an input data group in a circle and a straight line using these parameters is performed (S103), and as a result of being obtained, an element is outputted to display 12 or an output unit 14 (S104). In addition, result elements are the specifically acquired element information (are they a circle or a straight line?) and its number of elements.

[0028] The detailed flow chart of the automatic approximation executive operation (S103) of the circle and straight line in drawing 2 is shown in drawing 3. First, CPU checks the inputted parameter (primary parameter) (S201). For example, it is judging whether the allowable-error value delta which judges whether the radius-of-curvature value R being positive being positive etc. When judged with there being no abnormalities in an input parameter, next, calculation of all the elements of an input data group is performed (S202). And after approximating in a circle or a straight line about all elements, it judges whether intersection processing is performed (S203). When a user wishes execution of intersection processing, predetermined intersection processing is performed (S204). Intersection processing is processing for connecting the endpoints of each geometric element, when a different geometric element (a circle element, a straight-line element, or the circle elements from which curvature differs) adjoins. For example, when elements 1 and 2 adjoin and exist, it asks for the intersection of the line which extended the element 1, and the line which extended the element 2, the endpoint of elements 1 and 2 is replaced on this intersection, or the distance to an intersection connects the endpoints of an element by the path cord beyond a predetermined value, in being large. The more desirable analysis result of a sample can be obtained by connecting the endpoints of an element by intersection processing.

[0029] The detailed flow chart of the calculation executive operation (S202) of all the elements in drawing 3 is shown in drawing 4. First, it judges whether CPU is applied and mark are set up automatically or it is set as hand control (S301). When it applies and mark are set up automatically, an element is calculated by applying the first stage and only 1 incrementing mark (S302) (S303). In addition, it can apply the first stage, the default of a value can be set to 2, and the 1st time will be calculated by applying the first stage and setting a number to 3 in this case. Moreover, in the computation of an element, the data which apply from an input data group the first stage, and are equivalent to a number are extracted, and it judges whether it approximates with a circle to extraction data, or it approximates in a straight line.

[0030] After performing computation of an element, NG element holds the minimum calculation result in memory (S304). Here, NG element means the element which cannot approximate a circle or a straight line, either. Since the data of at least three points are required when determining at least two points and a circle, in determining a straight line, in order to distinguish a straight line or a circle, the data of at least three points are needed. For this reason, the data exceeding an allowable error exist in the data in 1 element, and that with which the number of data within the allowable error in 1 element does not fill three points as a result is distinguished by NG element (for example, when it applies the first stage, it checks that it is the inside of an allowable error one by one from the head of the data of mark and an allowable error is exceeded before [three points of the beginning] etc.). In addition, as compared with the number of NG elements which specifically performed 1st calculation first as holding the minimum calculation result, held the element in memory as a result of the NG element, performed 2nd calculation, and were held in the number of the NG elements at memory, when the number of 2nd NG elements is smaller, the content of maintenance of memory is replaced, and it means performing the same exchange as the following.

[0031] After NG element holds the minimum calculation result in memory, when it judges whether it applied and mark reached predetermined limiting value (S305) and limiting value is not reached, the processing after S302 is repeated. While it applies, for example and mark result in predetermined limiting value (for example, 10) from 3 by this, the number of NG elements serves as the minimum, and it will apply, and an element will be obtained the result at mark and that time.

[0032] On the other hand, it applies, and mark fix to the number which it applied [number] and had mark set up when a user set up manually (for example, five pieces), and the same element calculation as S303 is performed (S306). An element is held in memory as a result of obtained NG element.

[0033] The detailed flow chart of the element computation (S303, S306) in drawing 4 is shown in drawing 5. First, by one element, CPU is got blocked, is applied and approximates the data for mark in a circle or a straight line (S401). When it can approximate with a circle and can specifically approximate in the parameter of a main coordinate and a radius, and a straight line, the parameter of the distance to a normal vector and a zero is computed.

[0034] this parameter after the approximation parameter (the following -- suitably -- "-- it applies and parameter" is called) was computed -- a result -- an element -- it changes into a parameter (S402) a result -- an element -- a parameter is specifically the parameter showing a kind and the parameter showing the starting point of an element, and a terminal point of an element The parameter changed and obtained is stored in memory (S403). The above processing is performed one by one to the remaining input data, and all the elements about input data are calculated (S404).

[0035] The detailed flow chart of the computation for one element in drawing 5 (S401) is shown in drawing 6. CPU calculates the initial-data range first (S501). This is processing counted in order to check whether there is any 3 more than number of input data (xi, yi) since three or more points are required in order to distinguish whether an element is a circle or it is a straight line, as mentioned above. And a check of that the number of input data is three or more secures the data used for calculation for one element (S503). (S502) When an input data group is a closed profile (closed contour), at the time of reservation of data including the terminal point of input data, it considers as the data for one element also including the data of the starting point. When an input data group is an open profile (open curve), data are secured so that it may finish with a terminal point for the first time from the starting point.

Although the 1st time of element calculation is applied the first stage and that of the number of data to secure is the same as that of mark, 2nd henceforth serves as the number of data of the range judged that is effective by the error check result.

[0036] After securing the data for one element, it judges whether the element is a circle or it is a straight line (S504). Specifically, it is [Equation 1] to the secured input data.

$$a_0(x^2+y^2)-2a_1x-2a_2y+a_3=0 \dots (1)$$

The reliance panel made into ***** is performed. And radius of curvature r is computed from the obtained parameters a_0 , a_1 , a_2 , and a_3 , size comparison of this radius of curvature r and the set-up radius of curvature R is performed, and it judges whether it is a circle element or it is a straight-line element.

Namely, [Equation 2] $r > R \dots (2)$

If come out and it is, the element will be judged to be line element, and it is [Equation 3]. $r \leq R \dots (3)$

It comes out, and if it is, the element will be judged to be a circle element.

[0037] After judging an element kind, it mentioned above and applies and a parameter is calculated (S505). It applies and, in the case of line element, a parameter is [Equation 4]. $n_{xx}+n_{yy}+c=0 \dots (4)$

It is the distance c to the normal vector (n_x, n_y) which can be boiled and set, and a zero, and, in the case of a circle element, is [Equation 5].

$$\{(x-a)^2+(y-b)^2\}^{0.5}-r=0 \dots (5)$$

It is the center (a, b) and radius r which can be boiled and set.

[0038] After applying and calculating a parameter, an error check (check of a judgment error or an approximation error) is performed using this parameter (S506). Specifically, it judges one by one until it exceeds Error delta one by one from the starting point for one element. The left part [an error / [several 6]] of (4) formulas and (5) formulas, i.e., when it applies and a function is set to $f(x, y)$, it is $\epsilon_i = f(x_i, y_i) \dots (6)$

Come out, it is and an error check is [Equation 7]. $\epsilon_i < \delta \dots (7)$

It performs one by one whether it is ***** about all the data for one element. And the data in a tolerance are judged with O.K. and the data exceeding an allowable error are judged with NG. When all the data for one element are judged with O.K. An error check with the same said of the following data which furthermore adjoin is performed (the parameter check of S507 mentioned later is not performed substantially). An error check is repeated about input data until it is judged with NO by S508 and judged with NG which shifts to S503 again and secures even the following data which adjoin the data for one element by these S503. In addition, this error check is meaningful for evaluating the approximation error at the time of approximating input data with line element or a circle element while it evaluates the judgment error at the time of judging with line element or a circle element.

[0039] Two patterns which appear as a result of such an error check are typically shown in drawing 7. Since (A) was judged about all the data for one element to be O.K., it is the case which continued the error check about the data which adjoin further, and was judged by a certain data P as a result of the error check to be NG. In drawing, the dashed line whose E S is start data of one element and is the end data of one element, a solid line, and its extension is an approximation curve (it is considering as the straight line for convenience drawing) which applies and is shown with a parameter. In this case, since the number of data of O.K. of an error check is over the number of data for one element, as mentioned above, the range from Data S to Data P is secured as data of a new element, and parameter calculation is performed again (repeat of S503-S505). All the data for one element of (B) are the cases where not O.K. but NG exists. In drawing, having been judged with NG by Data P, by the time it resulted [from the start data S] in the end data E is shown. In this case, since the number of data will decrease, a certain processing is needed. Performing this processing applies and it is parameter check processing (S507). In addition, when the number of data is two or less in S502, after being judged with NG (S510), this parameter check processing is performed.

[0040] The above processing is repeatedly performed about the input data containing the data for one element (S508), the acquired element information, i.e., an element, applies it, and a parameter is held in memory (S509).

[0041] in drawing 8, it can set at drawing 6 -- it applies and the detailed flow chart of parameter check

processing (S507) is shown First, CPU judges whether the number of data decreased (S601). Since the number of data will decrease when NG arises by the data for one element, it is judged with YES, and it judges whether next it is the 1st calculation (S602). Since the result of last time is not yet held at memory and this result cannot be used when it is the 1st calculation, new data are secured (S603) and it checks whether the secured number of data is smaller than 3 (S604). When the 3 more than number of data exists, judgment processing (S606) and parameter computation (S607) of the same element kind as S504 and S505 are repeated and applied, and a parameter is obtained. It obtained and applies, a parameter is held in memory (S608), and an ending flag is set (S609).

[0042] On the other hand, when the secured number of data does not fulfill 3, the element is judged to be NG (S605), and it holds in memory (S608).

[0043] Moreover, when it is calculation of the 2nd henceforth that NO, i.e., the number of data, decreased in S602, an ending flag is set (S609), the data constellation in the result of the last time currently held at memory, i.e., a tolerance, applies, a parameter is taken out, and it decides as one element. And the data for a new element are newly secured from the next data (the data judged to be the outside of tolerance) of the terminal point of the element, and processing of S503-S506 is repeated. In addition, when the number of data does not decrease, the result is held (S610), and as explanation of drawing 7 (A) described, it shifts to the next calculation.

[0044] Thus, in this operation form, the data for one element are secured, and the element judges a straight line or a circle based on radius of curvature, and it regards as a part of straight line which approximated all the data settled in a tolerance, or circle, and the data besides a tolerance judge with their being other elements, and approximate all input data with the straight line or the circle. Therefore, it can approximate [that is,] and analyze with a straight line or a circle quickly and certainly [the geometric figure in which a different element exists continuously].

[0045] The result analyzed by the method of this operation gestalt is shown in drawing 9 - drawing 11.

[0046] Drawing 9 is the analysis result of a certain closed-contour sample. It is the case where applied the first stage, and five pieces and the criteria radius of curvature R were set to 130, and an allowable error delta is set to 0.01 for mark m0. In drawing, a black dot expresses input data and * expresses the node of an element. Six pieces and NG element are analyzed [line element (straight-line element)] for one piece and the circle element by one piece.

[0047] Drawing 10 is the analysis result of another closed-contour sample. It is the case where applied the first stage, and five pieces and the criteria radius of curvature R were set to 6, and an allowable error delta is set to 0.01 for mark m0. 11 pieces and NG element are analyzed [line element] for seven pieces and the circle element with 12 pieces.

[0048] Drawing 11 is the analysis result of still more nearly another open curvilinear sample. It is the case where applied the first stage, and five pieces and criteria radius of curvature were set to 2, and an allowable error delta is set to 0.01 for mark m0. Two pieces and NG element are analyzed [line element] for nine pieces and the circle element with two pieces.

[0049] In addition, although the element judged by each to be NG exists in drawing 9 - drawing 11, since the allowable error delta is too severe, this is considered. Therefore, if you want to decrease NG element further or to lose NG element, when wanting, it is also possible to increase an allowable error delta. An allowable error delta is an approximate precision and it is necessary to choose it suitably according to the usage of the property of a sample, or an analysis result.

[0050] The analysis result at the time of increasing an allowable error delta from 0.01 to 0.1 to the same sample as drawing 9 is shown in drawing 12. Three pieces and NG element are analyzed [line element] for one piece and the circle element with zero piece. Since the allowable error increased, the number of elements judged to be a circle element decreases from six pieces to three pieces, and NG elements are also decreasing in number from one piece to zero piece. This is because some of data judged to be the node of an element are judged to be the inside of tolerance and it judges that it is contained in the element by drawing 12, of course at drawing 9, since the allowable error was exceeded, since the allowable error increased.

[0051] The solution result at the time of increasing an allowable error delta from 0.01 to 0.1 to the same

sample as drawing 10 is shown in drawing 13 . Six pieces and NG element are analyzed [line element] for three pieces and the circle element with 0. Since the allowable error increased, it becomes that it is easy to be judged with the data in an applicable element in error check processing, and line element, a circle element, NG element, and its number are decreasing.

[0052] The analysis result at the time of increasing an allowable error delta from 0.01 to 0.1 to the same sample as drawing 11 is shown in drawing 14 . Both five pieces, the circle element, and NG element are analyzed for line element with zero piece. Also in this example, NG element can be made into zero piece by increase of an allowable error.

[0053] It is also possible to consider as the system which a user does not increase an allowable error in this way on the other hand, and it judges [system] with the allowable error by which CPU was set as the beginning not being suitable, and increases an allowable error to a suitable value automatically.

[0054] Specifically, CPU can consider that only the specified quantity increases the allowable error set up when the line element or the circle element with which only the specified quantity (for example, 10%) increases the allowable error set up when a certain element is judged to be NG becomes more than a predetermined number etc.

[0055] Moreover, although it has judged with NG with it when the number of data in 1 element does not fulfill three pieces with this operation gestalt, it is also possible to lose such a judgment. Since all of the data of two points will be approximated in a straight line, an analysis result may become in this case, less smooth. However, a request is got blocked with increasing an allowable error and reanalyzing again noting that the allowable error set up even if it is in the middle of analysis, when CPU counts the number of line element one by one and becomes more than a predetermined number is not suitable, and a smooth analysis result can be obtained by it.

[0056] Furthermore, although the input data is analyzed as it is with this operation form, it is also suitable to carry out grade smoothing and to set the data which have pretreated to the input data and by which smoothing was carried out as the object of analysis.

[0057] As such pretreatment, the processing which approximates input data by the free form curve of a predetermined degree (to the primary term) can be used. What is necessary is just to perform processing of S101-S104 which approximated the input data by the free form curve, divided the obtained free form curve into sequence of points further, considered that separated each point was new input data, and mentioned it above.

[0058] As mentioned above, although the operation form of this invention was explained, this invention is not limited to this and deformation use various by within the limits of the technical thought is possible for it.

[0059] For example, although radius of curvature is computed from the data for one element and compared with the criteria radius of curvature R with this operation form, it is equivalent, even if it computes curvature rho ($=1/\text{radius of curvature}$) from the data for one element and compares this with the curvature of criteria.

[0060] Moreover, although the original configuration was analyzed in the circle and the straight line in this operation form, it is also possible to add and analyze geometric elements other than a circle and a straight line, for example, an ellipse etc., if needed.

[0061]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the shape analysis equipment and the method of this invention, the graphic data which consist of two or more kinds of geometric elements, such as combination of a circle and a straight line, can be inputted, and the original figure can be presumed with high precision.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the configuration block view of the operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] It is the whole operation gestalt processing flow chart of this invention.

[Drawing 3] It is the detailed flow chart of the automatic approximation processing in drawing 2.

[Drawing 4] It is the detailed flow chart of the calculation executive operation of all the elements in drawing 3.

[Drawing 5] It is the detailed flow chart of the computation of the element in drawing 4.

[Drawing 6] It is the detailed flow chart of the computation for one element in drawing 5.

[Drawing 7] It is explanatory drawing of error check processing.

[Drawing 8] It is the detailed flow chart of the parameter check processing in drawing 6.

[Drawing 9] It is analysis result explanatory drawing (the 1) of the operation gestalt of this invention.

[Drawing 10] It is analysis result explanatory drawing (the 2) of the operation form of this invention.

[Drawing 11] It is analysis result explanatory drawing (the 3) of the operation form of this invention.

[Drawing 12] It is analysis result explanatory drawing (the 4) of the operation form of this invention.

[Drawing 13] It is analysis result explanatory drawing (the 5) of the operation form of this invention.

[Drawing 14] It is analysis result explanatory drawing (the 6) of the operation form of this invention.

[Description of Notations]

1 An input terminal, 10 An input unit, 12 Display, 14 An output unit, 16 Computer.

[Translation done.]

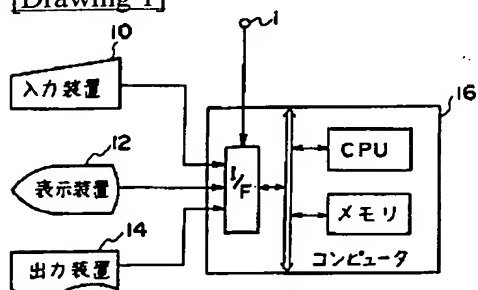
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

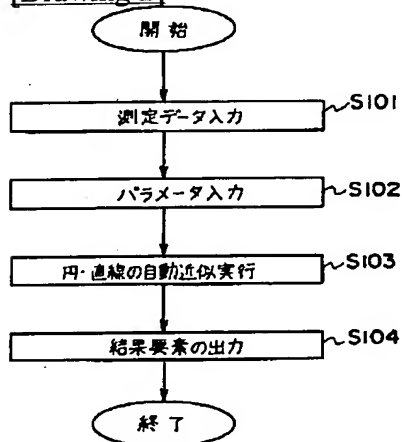
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

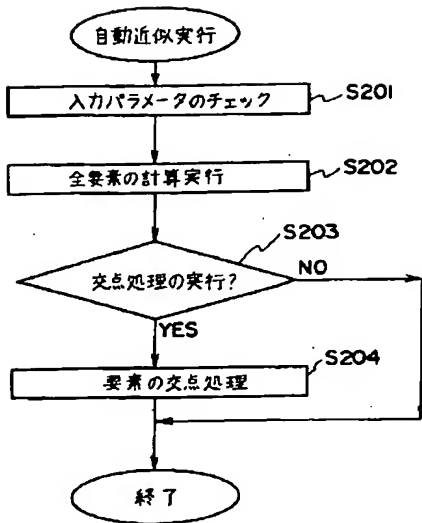
[Drawing 1]



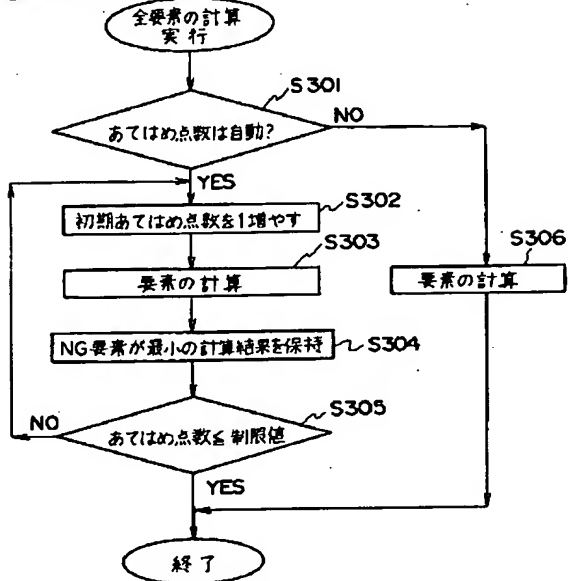
[Drawing 2]



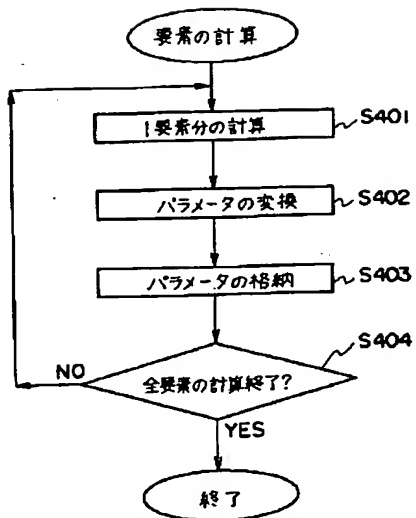
[Drawing 3]



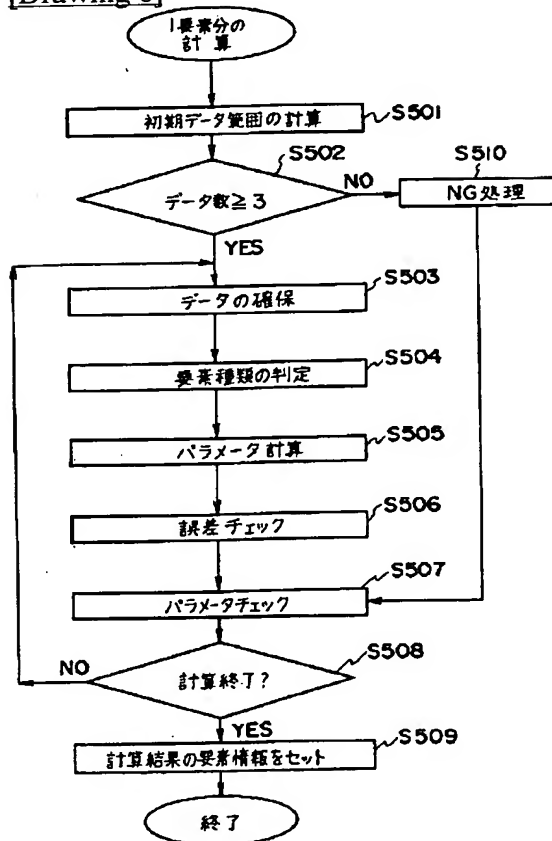
[Drawing 4]



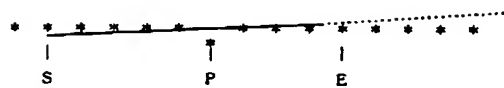
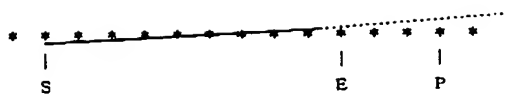
[Drawing 5]



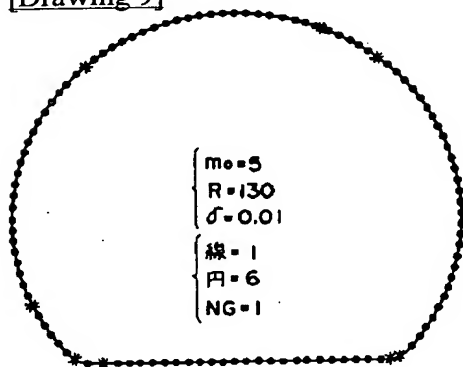
[Drawing 6]



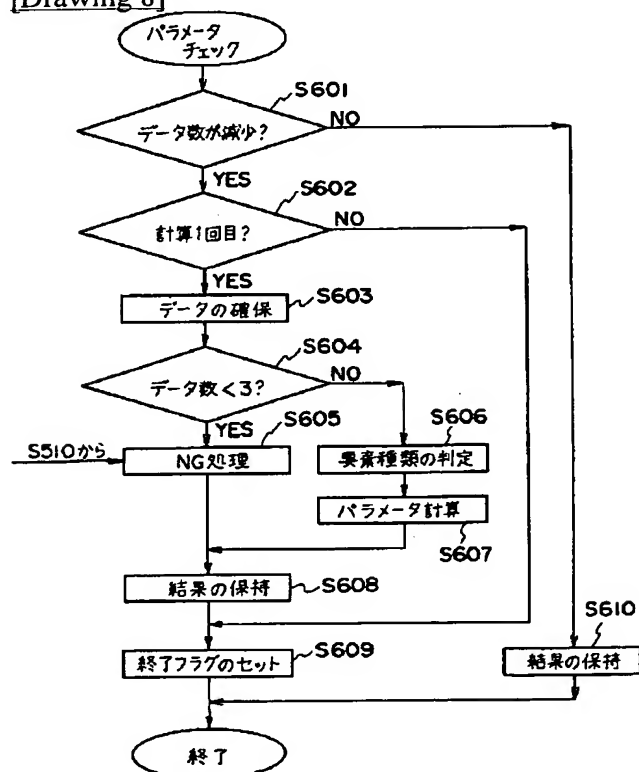
[Drawing 7]



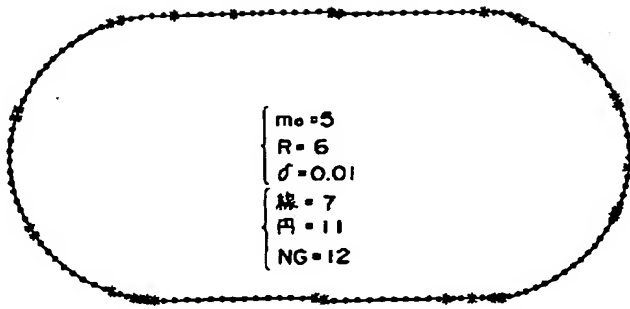
[Drawing 9]



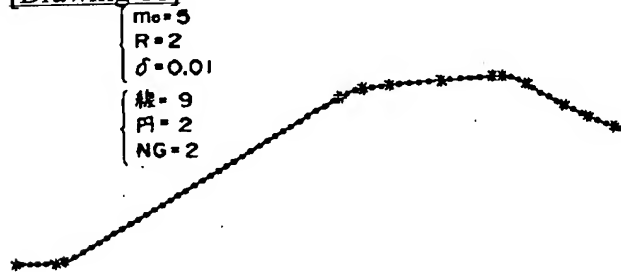
[Drawing 8]



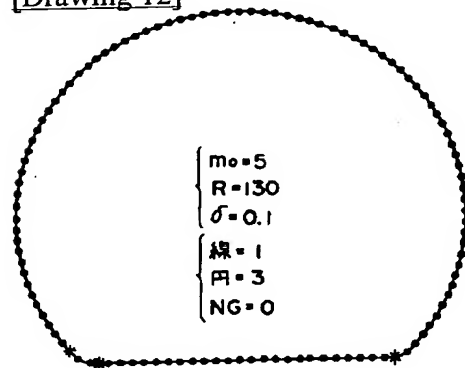
[Drawing 10]



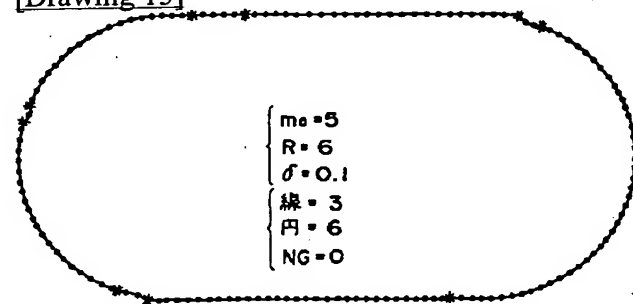
[Drawing 11]



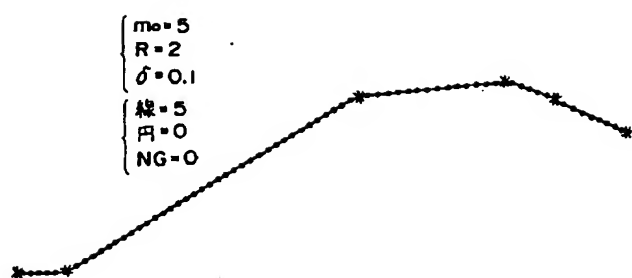
[Drawing 12]



[Drawing 13]



[Drawing 14]



[Translation done.]